

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5344120号
(P5344120)

(45) 発行日 平成25年11月20日 (2013.11.20)

(24) 登録日 平成25年8月23日 (2013.8.23)

(51) Int. Cl.	F I
H O 1 L 41/09 (2006.01)	H O 1 L 41/09
H O 1 L 41/31 (2013.01)	H O 1 L 41/31
B 4 1 J 2/055 (2006.01)	B 4 1 J 3/04 1 O 3 A
B 4 1 J 2/045 (2006.01)	B 4 1 J 3/04 1 O 3 H
B 4 1 J 2/16 (2006.01)	B O 5 C 5/00 1 O 1
請求項の数 8 (全 14 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2008-169799 (P2008-169799)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成20年6月30日 (2008.6.30)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2009-33148 (P2009-33148A)		東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(43) 公開日	平成21年2月12日 (2009.2.12)	(74) 代理人	100101236
審査請求日	平成23年4月22日 (2011.4.22)		弁理士 栗原 浩之
(31) 優先権主張番号	特願2007-176996 (P2007-176996)	(74) 代理人	100128532
(32) 優先日	平成19年7月5日 (2007.7.5)		弁理士 村中 克年
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	李 欣山
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		審査官	小山 満
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アクチュエータ装置及びその製造方法並びに液体噴射ヘッド

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

熱酸化によって生成されたケイ素酸化物層を少なくとも表面の一部に有する基板上にジルコニウム酸化物層を介して変位可能に設けられた下電極、圧電体層及び上電極からなる圧電素子を具備し、

前記ケイ素酸化物層と前記ジルコニウム酸化物層との間に、チタン酸化物、ハフニウム酸化物、アルミニウム酸化物、カルシウム酸化物及び希土類酸化物からなる群から選択される少なくとも1種の材料からなる中間層が設けられていることを特徴とするアクチュエータ装置。

【請求項 2】

前記中間層が、アルミニウム酸化物、カルシウム酸化物及び希土類酸化物からなる群から選択される少なくとも1種の材料からなり、

前記中間層と前記ジルコニウム酸化物層との間にそれらの拡散反応により生じた部分安定化ジルコニウム層が設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載のアクチュエータ装置。

【請求項 3】

前記中間層は、非晶質であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のアクチュエータ装置。

【請求項 4】

前記中間層の厚さが 5 ~ 50 nm であることを特徴とする請求項 1 ~ 3 の何れか一項に

記載のアクチュエータ装置。

【請求項 5】

液体を噴射するノズル開口に連通する圧力発生室が設けられた流路形成基板と、該流路形成基板の一方面側に前記圧力発生室に圧力変化を生じさせる圧力発生手段として請求項 1～4 の何れか一項に記載のアクチュエータ装置を具備することを特徴とする液体噴射ヘッド。

【請求項 6】

熱酸化によって基板の少なくとも表面の一部にケイ素酸化物層を形成する工程と、
前記ケイ素酸化物層上にチタン酸化物、ハフニウム酸化物、アルミニウム酸化物、カルシウム酸化物及び希土類酸化物からなる群から選択される少なくとも 1 種の材料からなる中間層を形成する工程と、
前記中間層上に前記ジルコニウム酸化物層を形成する工程と、
前記ジルコニウム酸化物層上に、下電極、圧電体層及び上電極を有する圧電素子を形成する工程と、を具備することを特徴とするアクチュエータ装置の製造方法。

10

【請求項 7】

前記中間層はチタン酸化物からなり、
前記ケイ素酸化物層上にチタン層を設けると共に該チタン層上にジルコニウム層を設けた後、前記チタン層と前記ジルコニウム層とに熱酸化処理を行い、
前記熱酸化処理にて前記中間層と前記ジルコニウム酸化物層とを同時に形成することを特徴とする請求項 6 に記載のアクチュエータ装置の製造方法。

20

【請求項 8】

前記中間層は、アルミニウム酸化物、カルシウム酸化物、希土類酸化物及びこれらの酸化物からなる群から選択される少なくとも 1 種の材料からなり、
前記ケイ素酸化物層上に、前記材料を構成する金属からなる金属層を形成し、該金属層上にジルコニウム層を設けた後、前記金属層と前記ジルコニウム層とに熱酸化処理を行い、
前記熱酸化処理にて前記中間層と、前記ジルコニウム酸化物層と、前記中間層と前記ジルコニウム酸化物層との間に前記中間層と前記ジルコニウム酸化物層との拡散反応により生じた部分安定化ジルコニウム層と、を形成することを特徴とする請求項 6 に記載のアクチュエータ装置の製造方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、熱酸化によって生成されたケイ素酸化物層を少なくとも表面に有する基板上にジルコニウム酸化物層を介して変位可能に設けられた下電極、圧電体層及び上電極からなる圧電素子を具備するアクチュエータ装置及びその製造方法並びにアクチュエータ装置を液体噴射手段として具備する液体噴射ヘッドに関する。

【背景技術】

【0002】

アクチュエータ装置に用いられる圧電素子としては、電気機械変換機能を呈する圧電材料、例えば、結晶化した誘電材料からなる圧電体層を、下電極と上電極との 2 つの電極で挟んで構成されたものがある。このようなアクチュエータ装置は、一般的に、撓み振動モードのアクチュエータ装置と呼ばれ、例えば、液体噴射ヘッド等に搭載されて使用されている。なお、液体噴射ヘッドの代表例としては、例えば、インク滴を吐出するノズル開口と連通する圧力発生室の一部を振動板で構成し、この振動板を圧電素子により変形させて圧力発生室のインクを加圧してノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッド等がある。また、インクジェット式記録ヘッドに搭載されるアクチュエータ装置としては、例えば、振動板の表面全体に亘って成膜技術により圧電材料層を形成し、この圧電材料層をリソグラフィ法により圧力発生室に対応する形状に切り分けて圧力発生室毎に独立するように圧電素子を形成したものがある。

40

50

【 0 0 0 3 】

このような圧電素子としては、熱酸化によって生成されたケイ素酸化物層を表面に有する基板上にジルコニウム酸化物層を介して変位可能に設けられた下電極、圧電体層及び上電極からなるものがある（例えば、特許文献 1 ～ 3 参照）。

【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 3 - 1 1 0 1 5 8 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 5 - 1 6 6 7 1 9 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 5 - 2 9 5 7 8 6 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【 0 0 0 5 】

基板表面にケイ素酸化物層を熱酸化で形成することは、CVD法などの蒸着法でケイ素酸化物層を形成する場合に比べてピンホールの発生などが生じにくい。また、そのピンホールの無いケイ素酸化物層上に形成する層に対してもピンホールの発生による影響を受けない層を形成することになるので、しいては、所望のアクチュエータ装置が得られる。また、液体噴射ヘッドにおいても、基板をウェットエッチングすることで圧力発生室など流路を形成するのであるが、そのウェットエッチングする際のエッチングストップ層として機能させるために、ケイ素酸化物層にピンホールの無いことが必要であることから、ケイ素酸化物層を熱酸化によって形成することでピンホールの無いケイ素酸化物層を得ていた。また、ジルコニウム酸化物層は、圧電体層が結晶する前の状態である「前駆体膜」を高

20

【 0 0 0 6 】

しかしながら、上述したような熱酸化によって生成されたケイ素酸化物層上にジルコニウム酸化物層を形成すると、ケイ素酸化物層はピンホールが僅少であるため当該ピンホールによる影響は無いものの、発生原因の詳細は不明であるが、ピンホールによる影響とは別の理由により、そのジルコニウム酸化物層を構成する結晶の一部が異常成長してしまい、均一な厚さのジルコニウム酸化物層を形成することができないという問題があった。その結果、ジルコニウム酸化物層に形成された凹凸がそのジルコニウム酸化物層上に形成される下電極、圧電体層及び上電極に伝播して、それらの成膜状態に悪影響を与え、所望の変位特性を有するアクチュエータ装置が得られないという問題があった。

30

【 0 0 0 7 】

本発明は、上述した事情に鑑み、ジルコニウム酸化物結晶の異常成長を防止することによって、厚さが均一で緻密なジルコニウム酸化物層が形成されたアクチュエータ装置及びその製造方法並びに液体噴射ヘッドを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

上記課題を解決する本発明の態様は、熱酸化によって生成されたケイ素酸化物層を少なくとも表面の一部に有する基板上にジルコニウム酸化物層を介して変位可能に設けられた下電極、圧電体層及び上電極からなる圧電素子を具備し、前記ケイ素酸化物層と前記ジルコニウム酸化物層との間に、チタン酸化物、ハフニウム酸化物、アルミニウム酸化物、カルシウム酸化物及び希土類酸化物からなる群から選択される少なくとも 1 種の材料からなる中間層が設けられていることを特徴とするアクチュエータ装置にある。かかる態様では、厚さが均一で緻密なジルコニウム酸化物層が形成されたアクチュエータ装置を提供することができる。その結果、厚さが均一で緻密な下電極、圧電体層及び上電極を形成することができるので、所望の変位特性を有するアクチュエータ装置を提供することができる。また、ケイ素酸化物層とジルコニウム酸化物層との密着性を向上させることができるので、高い耐久性及び信頼性を有するアクチュエータ装置を提供することができる。

40

【 0 0 0 9 】

50

ここで、前記中間層の厚さが5～50nmであることが好ましい。これによれば、中間層の密着性及び緻密性を向上させることができる。その結果、厚さがより均一でより緻密な下電極、圧電体層及び上電極を形成することができるので、所望の変位特性を有するアクチュエータ装置を容易に提供することができる。なお、中間層の厚さが5nmよりも薄いと、ジルコニウム酸化物層を構成する結晶の一部が異常成長を抑制する効果が弱まり、また、中間層の厚さが50nmよりも厚いと、ジルコニウム酸化物層を構成する結晶の一部が異常成長を抑制する機能は確保されるものの、アクチュエータ装置を構成する各層同士の応力バランスを崩す可能性が生じる。

【0010】

また、前記中間層は、非晶質であることが好ましい。これによれば、中間層上に形成される結晶膜の特性変化を生じさせるのを防止することができる。

10

【0011】

また、前記中間層が、アルミニウム酸化物、カルシウム酸化物及び希土類酸化物からなる群から選択される少なくとも1種の材料からなり、前記中間層と前記ジルコニウム酸化物層との間にそれらの拡散反応により生じた部分安定化ジルコニウム層が設けられていることが好ましい。これによれば、中間層とジルコニウム酸化物層との間に機械的特性及び耐久性に優れた部分安定化ジルコニウム層が形成されているので、機械的特性及び耐久性により優れたアクチュエータ装置を提供することができる。

【0012】

本発明の他の態様は、液体を噴射するノズル開口に連通する圧力発生室が設けられた流路形成基板と、該流路形成基板の一方面側に前記圧力発生室に圧力変化を生じさせる圧力発生手段として上述した何れかのアクチュエータ装置を具備することを特徴とする液体噴射ヘッドにある。かかる態様によれば、信頼性の高い液体噴射ヘッドを提供することができる。

20

【0013】

また、本発明の他の態様は、熱酸化によって基板の少なくとも表面の一部にケイ素酸化物層を形成する工程と、前記ケイ素酸化物層上にチタン酸化物、ハフニウム酸化物、アルミニウム酸化物、カルシウム酸化物及び希土類酸化物からなる群から選択される少なくとも1種の材料からなる中間層を形成する工程と、前記中間層上に前記ジルコニウム酸化物層を形成する工程と、前記ジルコニウム酸化物層上に、下電極、圧電体層及び上電極を有する圧電素子を形成する工程と、を具備することを特徴とするアクチュエータ装置の製造方法にある。かかる態様によれば、ジルコニウム酸化物層を構成する結晶の異常成長を防止して、厚さが均一で緻密なジルコニウム酸化物層が形成されたアクチュエータ装置を製造することができる。その結果、厚さが均一で緻密な下電極、圧電体層及び上電極を形成することができるので、所望の変位特性を有するアクチュエータ装置を製造することができる。

30

【0014】

ここで、前記中間層はチタン酸化物からなり、前記ケイ素酸化物層上にチタン層を設けると共に該チタン層上にジルコニウム層を設けた後、前記チタン層と前記ジルコニウム層とに熱酸化処理を行い、前記熱酸化処理にて前記中間層と前記ジルコニウム酸化物層とを同時に形成することが好ましい。これによれば、製造工程数を削減することができ、結果としてアクチュエータ装置の生産性を向上させることができる。

40

【0015】

また、前記中間層は、アルミニウム酸化物、カルシウム酸化物、希土類酸化物及びこれらの酸化物からなる群から選択される少なくとも1種の材料からなり、前記ケイ素酸化物層上に、前記材料を構成する金属からなる金属層を形成し、該金属層上にジルコニウム層を設けた後、前記金属層と前記ジルコニウム層とに熱酸化処理を行い、前記熱酸化処理にて前記中間層と、前記ジルコニウム酸化物層と、前記中間層と前記ジルコニウム酸化物層との間に前記中間層と前記ジルコニウム酸化物層との拡散反応により生じた部分安定化ジルコニウム層と、を形成することが好ましい。これによれば、中間層とジルコニウム酸化

50

物層との間に機械的特性及び耐久性により優れた部分安定化ジルコニウム層を形成することができるので、機械的特性及び耐久性に優れたアクチュエータ装置を製造することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下に本発明を実施形態に基づいて詳細に説明する。

(実施形態1)

図1は、本発明の実施形態1に係る液体噴射ヘッドの一例であるインクジェット式記録ヘッドの概略構成を示す分解斜視図であり、図2は、図1の平面図及びそのA-A断面図である。

10

【0017】

図示するように、基板である流路形成基板10は、本実施形態では結晶面方位が(110)面のシリコン単結晶基板からなり、その一方の面には予め熱酸化によってケイ素酸化物の一例である二酸化シリコン(SiO_2)からなる弾性膜50が形成されている。

【0018】

流路形成基板10には、他方面側から異方性エッチングすることにより、複数の隔壁11によって区画された圧力発生室12がその幅方向(短手方向)に並設されている。また、流路形成基板10の圧力発生室12の長手方向一端部側には、インク供給路14と連通路15とが隔壁11によって区画されている。また、連通路15の一端には、各圧力発生室12の共通のインク室(液体室)となるリザーバ100の一部を構成する連通部13が形成されている。すなわち、流路形成基板10には、圧力発生室12、連通部13、インク供給路14及び連通路15からなる液体流路が設けられている。

20

【0019】

インク供給路14は、圧力発生室12の長手方向一端部側に連通し且つ圧力発生室12より小さい断面積を有する。

【0020】

また、流路形成基板10の開口面側には、各圧力発生室12のインク供給路14とは反対側の端部近傍に連通するノズル開口21が穿設されたノズルプレート20が、接着剤や熱溶着フィルム等によって固着されている。なお、ノズルプレート20は、例えば、ガラスセラミックス、シリコン単結晶基板、ステンレス鋼等からなる。

30

【0021】

一方、流路形成基板10の開口面とは反対側には、上述したように、ケイ素酸化物の一例である二酸化シリコンからなる弾性膜50が形成され、この弾性膜50上には中間膜(層)53が設けられている。ここで、ケイ素酸化物とは、ケイ素と酸素とが結合した SiO_2 などの既知の化合物及びそれらの混合状態をいう。

【0022】

中間膜53は、チタン酸化物、ハフニウム酸化物、アルミニウム酸化物、カルシウム酸化物、希土類酸化物からなる群から選択される少なくとも1種の材料からなっている。すなわち、中間膜53は、これらの酸化物うちの1種のみで構成されていてもよく、これらの酸化物のうちのいくつかを組み合わせた混合物で構成されていてもよい。ここで、希土類酸化物とは希土類元素と酸素との化合物をいい、希土類元素にはランタノイド以外にスカンジウム及びイットリウムが含まれるものとする。また、上述した各酸化物には、各酸化物を構成する金属元素と酸素とが結合した既知の化合物以外に、それらの化合物の混合状態を含むものとする。例えば、チタン酸化物としては、 TiO 、 Ti_2O_3 、 TiO_2 、 Ti_2O_5 、 TiO_3 、又はこれらの混合状態が挙げられる。このような材料からなる中間膜53を設けることにより、詳細は後述するが、この中間膜53上に厚さが均一で緻密な絶縁体膜55を形成することができる。

40

【0023】

この中間膜53の厚みとしては、5~50nmの範囲が好ましく、特に10~20nmの範囲が好ましい。中間膜53の厚みが5nmより薄くなると、厚さが均一で緻密な絶縁

50

体膜 55 を形成することができず、50 nm より厚くなると、弾性膜 50 と絶縁体膜 55 との間の密着性が低下してしまう上、アクチュエータ装置を構成する各層同士の応力バランスを崩す可能性が生じる。

【0024】

また、中間膜 53 は、結晶構造を有するものであっても、また、結晶構造を有しない非晶質（アモルファス）のものであってもよい。例えば、非晶質の中間膜 53 を設けることで、中間膜 53 上に形成された結晶膜である絶縁体膜 55 の結晶の特性変化を生じさせるのを防止することができるという効果を奏する。すなわち、中間膜 53 が結晶構造を有するものである場合、中間膜 53 の結晶構造が中間膜 53 上に形成される絶縁体膜 55 等の結晶膜に影響を与え、中間膜 53 上に所望の結晶性を有する結晶膜を形成するのが困難になる可能性があるからである。

10

【0025】

そして、この中間膜 53 上にはジルコニウム酸化物からなり厚さが例えば、約 0.4 μm の絶縁体膜 55 が積層形成されている。ここで、ジルコニウム酸化物とは、ジルコニウムと酸素とが結合した ZrO_2 などの既知の化合物及びそれらの混合状態をいう。

【0026】

さらに、この絶縁体膜 55 上には、下電極膜 60 と、厚さが例えば、約 1.0 ~ 5.0 μm の圧電体層 70 と、上電極膜 80 とが、後述するプロセスで積層形成されて、圧電素子 300 を構成している。ここで、圧電素子 300 は、下電極膜 60、圧電体層 70 及び上電極膜 80 を含む部分をいう。一般的には、圧電素子 300 の何れか一方の電極を共通電極とし、他方の電極及び圧電体層 70 を各圧力発生室 12 毎にパターンニングして構成する。そして、ここではパターンニングされた何れか一方の電極及び圧電体層 70 から構成され、両電極への電圧の印加により圧電歪みが生じる部分を圧電体能動部という。本実施形態では、下電極膜 60 を圧電素子 300 の共通電極とし、上電極膜 80 を圧電素子 300 の個別電極としているが、駆動回路や配線の都合でこれを逆にしても支障はない。また、ここでは、圧電素子 300 と当該圧電素子 300 の駆動により変位が生じる振動板とを合わせてアクチュエータ装置と称する。

20

【0027】

また、圧電素子 300 の個別電極である各上電極膜 80 には、インク供給路 14 側の端部近傍から引き出され、絶縁体膜 55 上まで延設されるリード電極 90 が接続されている。

30

【0028】

このような圧電素子 300 が形成された流路形成基板 10 上には、リザーバ 100 の少なくとも一部を構成するリザーバ部 31 を有する保護基板 30 が接着剤 35 を介して接合されている。リザーバ部 31 は、本実施形態では、保護基板 30 を厚さ方向に貫通して圧力発生室 12 の幅方向に亘って形成されており、上述のように流路形成基板 10 の連通部 13 と連通されて各圧力発生室 12 の共通の液体室となるリザーバ 100 を構成している。また、流路形成基板 10 の連通部 13 を圧力発生室 12 毎に複数に分割して、リザーバ部 31 のみをリザーバとしてもよい。さらに、例えば、流路形成基板 10 に圧力発生室 12 のみを設け、流路形成基板 10 と保護基板 30 との間に介在する部材（例えば、弾性膜 50、絶縁体膜 55 等）にリザーバと各圧力発生室 12 とを連通するインク供給路 14 を設けるようにしてもよい。

40

【0029】

また、保護基板 30 の圧電素子 300 に対向する領域には、圧電素子 300 の運動を阻害しない程度の空間を有する圧電素子保持部 32 が設けられている。保護基板 30 は、圧電素子 300 の運動を阻害しない程度の空間を有していればよく、当該空間は密封されていても、密封されていなくてもよい。

【0030】

このような保護基板 30 としては、流路形成基板 10 の熱膨張率と略同一の材料、例えば、ガラス、セラミック材料等を用いることが好ましく、本実施形態では、流路形成基板

50

10と同一材料のシリコン単結晶基板を用いて形成した。

【0031】

また、保護基板30には、保護基板30を厚さ方向に貫通する貫通孔33が設けられている。そして、各圧電素子300から引き出されたリード電極90の端部近傍は、貫通孔33内に露出するように設けられている。

【0032】

さらに、保護基板30上には、並設された圧電素子300を駆動するための駆動回路120が固定されている。この駆動回路120としては、例えば、回路基板や半導体集積回路(IC)等を用いることができる。そして、駆動回路120とリード電極90とは、ボンディングワイヤ等の導電性ワイヤからなる接続配線121を介して電氣的に接続されている。

10

【0033】

また、このような保護基板30上には、封止膜41及び固定板42とからなるコンプライアンス基板40が接合されている。ここで、封止膜41は、剛性が低く可撓性を有する材料(例えば、ポリフェニレンサルファイド(PPS)フィルム)からなり、この封止膜41によってリザーバ部31の一方面が封止されている。また、固定板42は、金属等の硬質の材料(例えば、ステンレス鋼(SUS)等)で形成される。この固定板42のリザーバ100に対向する領域は、厚さ方向に完全に除去された開口部43となっているため、リザーバ100の一方面は可撓性を有する封止膜41のみで封止されている。

【0034】

20

このような本実施形態のインクジェット式記録ヘッドでは、図示しない外部インク供給手段からインクを取り込み、リザーバ100からノズル開口21に至るまで内部をインクで満たした後、駆動回路120からの記録信号に従い、圧力発生室12に対応するそれぞれの下電極膜60と上電極膜80との間に電圧を印加し、弾性膜50、中間膜53、絶縁体膜55、下電極膜60及び圧電体層70をたわみ変形させることにより、各圧力発生室12内の圧力が高まりノズル開口21からインク滴が吐出する。

【0035】

次に、このようなインクジェット式記録ヘッドの製造方法の一例について、図3～図5を参照して説明する。なお、図3～図5は、本発明の実施形態1に係る液体噴射ヘッドの一例であるインクジェット式記録ヘッドの製造工程を示す圧力発生室の長手方向の断面図である。

30

【0036】

まず、図3(a)に示すように、シリコンウェハである流路形成基板用ウェハ110の表面を熱酸化させて、流路形成基板用ウェハ110の表面に弾性膜50を構成する二酸化シリコン(SiO_2)からなる二酸化シリコン膜51を形成する。

【0037】

次いで、図3(b)に示すように、弾性膜50(二酸化シリコン膜51)上に、スパッタリングにより金属層であって金属チタンからなるTi膜(層)52を形成する。

【0038】

次に、図3(c)に示すように、そのTi膜52上に、スパッタリングにより金属ジルコニウムからなるZr膜(層)54を形成する。具体的には、DCスパッタリング法を用い、成膜温度:室温(23)～100、成膜時のAr圧力:0.02～1.0Pa以下、出力のパワー密度:3～30kW/m²の範囲内で、各条件のバランスを調整することで、Zr膜54を成膜する。

40

【0039】

そして、これらのTi膜52及びZr膜54を、例えば、500～1200の拡散炉で熱酸化することにより、図3(d)に示すように、二酸化シリコン膜51上に酸化チタン(TiO_2)からなる中間膜53と酸化ジルコニウム(ZrO_2)からなる絶縁体膜55とを同時に形成する。

【0040】

50

ここで、Zr膜54はTi膜52上に形成されているので、熱酸化される際に絶縁体膜55を構成する酸化ジルコニウム結晶の異常成長を防止して、厚さが均一で緻密な絶縁体膜55を形成することができると共に、形成された中間膜53により弾性膜50と絶縁体膜55との密着性を向上させることができる。

【0041】

これに対して、弾性膜上に直接Zr膜を形成し、そのZr膜を熱酸化して絶縁体膜を形成すると、熱酸化される際に酸化ジルコニウム結晶の一部が異常成長してしまい、均一な厚さの絶縁体膜を形成することができないという問題が生ずる。しかしながら、本実施形態ではこのよう問題が生ずるおそれはない。

【0042】

なお、本実施形態では、Ti膜52上にZr膜54を形成した後、Ti膜52及びZr膜54を加熱して熱酸化することにより、中間膜53と絶縁体膜55とを形成するようにしたが、特にこれに限定されるものではない。例えば、酸化ジルコニウムをスパッタリング法等により熱処理することなく直接形成して絶縁体膜55を形成するようにしてもよい。このように、絶縁体膜55を熱処理することなく直接形成することで、その下地として、非晶質（アモルファス）の中間膜53を形成することができる。すなわち、絶縁体膜55を熱処理により形成すると、下地となる中間膜53も同時に加熱されるため、たとえ非晶質の中間膜53を形成したとしても、その後の絶縁体膜55の形成によって中間膜53が結晶化されてしまう。

【0043】

これに対して、酸化ジルコニウムからなる絶縁体膜55を熱処理することなく直接形成すれば、その下地として非晶質（アモルファス）の中間膜53を予め形成したとしても、絶縁体膜55を形成した際に中間膜53が熱処理されず、結晶化することがない。なお、絶縁体膜55を形成した後に、詳しくは後述する製造方法によって圧電体層70が熱処理により形成されるが、中間膜53は絶縁体膜55によって覆われているため、圧電体層70の熱処理により中間膜53が結晶化することはない。また、圧電体層70を形成する際の熱処理温度は、ジルコニウムを熱処理して酸化ジルコニウムからなる絶縁体膜55を形成する際の温度よりも低いため、これによっても中間膜53の結晶化は抑制される。

【0044】

ちなみに、非晶質（アモルファス）の中間膜53は、スパッタリング法、RFスパッタリング法、CVD法や電子ビーム蒸着法などの蒸着法、イオンプレーティング法などで形成することができる。なお、中間膜53として用いる前述した材料に応じて、比較的緻密な膜が形成可能な製造方法を適宜用いるようにすればよい。例えば、中間膜53として酸化アルミニウムを用いる場合には、CVD法が好ましく、酸化チタンを用いる場合には、スパッタリング法が好適である。

【0045】

次いで、図4(a)～図4(c)に示すように、例えば、スパッタリング法などを用いて、下電極膜60及び上電極膜80を、ゾル-ゲル法、MOD(Metal-Organic Decomposition)法及びスパッタリング法などの薄膜形成技術で圧電体層70を流路形成基板10に形成し、各圧力発生室12に対向する領域にパターンニングして圧電素子300を形成する。ここで、下電極膜60は厚さが均一で緻密な絶縁体膜55上に形成されることになるので、下電極膜60も同様に厚さが均一で緻密なものとなる。したがって、所望の圧電特性を有する圧電体層70を容易に製造することができる。また、圧電体層70及び上電極膜80も同様に厚さが均一で緻密な膜上に順次形成されることになるので、それらも同様に厚さが均一で緻密なものとなる。その結果、所望の変位特性を有するアクチュエータ装置を製造することができる。

【0046】

そして、リード電極90を形成した後、図5(a)に示すように、パターンニングされた複数の圧電素子300を保持する保護基板30を、流路形成基板10上に接着剤35によって接合する。なお、保護基板30には、リザーバ部31、圧電素子保持部32等が予め

10

20

30

40

50

形成されている。

【0047】

次いで、図5(b)に示すように、流路形成基板10上に、圧力発生室12、連通路13、インク供給路14及び連通路15などを形成する。

【0048】

その後、流路形成基板10の保護基板30とは反対側の面にノズル開口21が穿設されたノズルプレート20を接合すると共に、保護基板30にコンプライアンス基板40を接合することによって上述した構造のインクジェット式記録ヘッドが作製される。

【0049】

以上説明したように、本実施形態に係るアクチュエータ装置の製造方法によれば、絶縁体膜55を構成する酸化ジルコニウム結晶の異常成長を防止して、厚さが均一で緻密な絶縁体膜55が形成されたアクチュエータ装置を製造することができる。その結果、厚さが均一で緻密な下電極60、圧電体層70及び上電極80を形成することができるので、所望の変位特性を有するアクチュエータ装置を製造することができる。また、弾性膜50と絶縁体膜55との密着性を向上させることができるので、高い耐久性及び信頼性を有するアクチュエータ装置を提供することができる。

【0050】

(実施形態2)

実施形態1では、弾性膜50上にTi膜52及びZr膜54を形成し、それらを熱酸化して中間膜53及び絶縁体膜55を同時に形成するようにしたが、弾性膜50上に酸化チタンからなる中間層を形成した後、Zr膜54を形成し、そのZr膜54を熱酸化して絶縁体膜55を形成してもよい。

【0051】

具体的には、スパッタリングを用いて弾性膜50上に直接中間膜53を形成してもよいし、ゾル-ゲル法及びMOD(Metal-Organic Decomposition)法を用いて弾性膜50上にTiを含む化合物を塗布し、それらを加熱酸化させて中間膜53を形成する。そして、スパッタリング等によりZr膜54を形成した後、熱酸化して絶縁体膜55を形成する。このようにしても、実施形態1と同様の効果が得られる。

【0052】

もちろん、本実施形態であっても、実施形態1と同様に、例えば、酸化チタンからなる中間膜53を直接形成した後、酸化ジルコニウムからなる絶縁体膜55を熱処理することなく直接形成するようにしてもよい。このように、絶縁体膜55を熱処理することなく直接形成することで、その下地として、非晶質(アモルファス)の中間膜53を形成することができる。

【0053】

(実施形態3)

上述した実施形態では、弾性膜50と絶縁体膜55との間に、酸化チタンからなる中間膜53を設けたが、例えば酸化アルミニウム(Al_2O_3)、酸化イットリウム(Y_2O_3)や、酸化セリウム(CeO_2)を含むランタノイド酸化物からなる群から選択される少なくとも1種の材料からなる中間層を設け、その中間層と酸化ジルコニウムからなる絶縁体膜との間にそれらの拡散反応により生じた部分安定化ジルコニウム膜(層)を設けてもよい。

【0054】

具体的には、図6に示すように、弾性膜50と絶縁体膜55との間に、上述した材料からなる中間膜53A及び部分安定化ジルコニウム膜57を設けてもよい。このように中間膜53Aと絶縁体膜55との間に機械的特性及び耐久性に優れた部分安定化ジルコニウム膜57を設けることにより、後述するように、実施形態1と同様の効果に加えて、機械的特性及び耐久性により優れたアクチュエータ装置を提供することができる。なお、本実施形態に係るインクジェット式記録ヘッドの他の構成要素は、実施形態1に係るインクジェット式記録ヘッドと同様であるので同符号を付して説明を省略する。

【 0 0 5 5 】

次に、本実施形態に係るインクジェット式記録ヘッドの製造方法の一例について説明する。なお、この製造方法についても、中間膜 5 3 A、部分安定化ジルコニウム膜 5 7 及び絶縁体膜 5 5 を形成する工程以外は、実施形態 1 に係るインクジェット式記録ヘッドの製造方法と同様であるので、以下では、図 7 を参照してこの工程についてのみ説明する。なお、図 7 は、本発明の実施形態 3 に係る液体噴射ヘッドの一例であるインクジェット式記録ヘッドの製造方法を示す圧力発生室の長手方向の断面図である。

【 0 0 5 6 】

まず、図 7 (a) に示すように、熱酸化によって生成された二酸化シリコン膜 5 1 が形成された弾性膜 5 0 上に、例えばスパッタリングにより酸化アルミニウムからなる中間膜 5 3 A を形成する。次に、図 7 (b) に示すように、中間膜 5 3 A 上に、実施形態 1 と同様にして金属ジルコニウムからなる Z r 膜 5 4 を形成する。

10

【 0 0 5 7 】

そして、この Z r 膜 5 4 を 5 0 0 ~ 1 2 0 0 の拡散炉で熱酸化することにより、図 7 (c) に示すように、酸化ジルコニウムからなる絶縁体膜 5 5 を形成する。ここで、この熱酸化の際に、中間膜 5 3 A と絶縁体膜 5 5 との間に拡散反応が起こり、中間膜 5 3 A と絶縁体膜 5 5 との間に部分安定化ジルコニウムからなる部分安定化ジルコニウム膜 5 7 が形成される。すなわち、酸化アルミニウムからなる中間膜 5 3 A 上に形成された金属ジルコニウムからなる Z r 膜 5 4 を熱酸化することにより、酸化アルミニウムからなる中間膜 5 3 A と、部分安定化ジルコニウムからなる部分安定化ジルコニウム膜 5 7 と、酸化ジルコニウムからなる絶縁体膜 5 5 とが順次積層された 3 層構造の膜が形成されることになる。

20

【 0 0 5 8 】

ここで、Z r 膜 5 4 は中間膜 5 3 A 上に形成されているので、熱酸化される際に酸化ジルコニウム結晶の異常成長を防止して、厚さが均一で緻密な絶縁体膜 5 5 を形成することができる。また、同時に、中間膜 5 3 A と絶縁体膜 5 5 との間に機械的特性及び耐久性に優れた部分安定化ジルコニウム膜 5 7 を形成することができる。その結果、実施形態 1 と同様の効果に加えて、機械的特性及び耐久性により優れたアクチュエータ装置を製造することができる。

【 0 0 5 9 】

もちろん、本実施形態であっても、実施形態 1 と同様に、例えば、酸化アルミニウムからなる中間膜 5 3 A を直接形成した後、酸化ジルコニウムからなる絶縁体膜 5 5 を熱処理することなく直接形成するようにしてもよい。このように、絶縁体膜 5 5 を熱処理することなく直接形成することで、その下地として、非晶質（アモルファス）の中間膜 5 3 A を形成することができる。

30

【 0 0 6 0 】

（他の実施形態）

以上、上述した実施形態 1 では、アクチュエータ装置を備えた液体噴射ヘッドの一例としてインクジェット式記録ヘッドを挙げて説明したが、本発明は広く液体噴射ヘッド全般を対象としたものであり、インク以外の液体を噴射する液体噴射ヘッドにも勿論適用することができる。その他の液体噴射ヘッドとしては、例えば、プリンタ等の画像記録装置に用いられる各種の記録ヘッド、液晶ディスプレイ等のカラーフィルタの製造に用いられる色材噴射ヘッド、有機 E L ディスプレー、F E D（電界放出ディスプレイ）等の電極形成に用いられる電極材料噴射ヘッド、バイオ c h i p 製造に用いられる生体有機物噴射ヘッド等が挙げられる。

40

【 0 0 6 1 】

また、実施形態 1 では、中間膜 5 3 を構成する材料として酸化チタンを用いたが、酸化チタンに代えて酸化ハフニウム（ HfO_2 ）を用いてもよい。中間膜 5 3 を構成する材料として酸化ハフニウムを用いることにより、酸化チタンを用いた場合と比較して中間膜 5 3 の膜厚を薄くすることができる。

50

【 0 0 6 2 】

さらに、実施形態 3 では、弾性膜 5 0 上に直接中間膜 5 3 A を形成した後、Z r 層 5 4 を形成して加熱酸化させることによって、中間膜 5 3 A と、部分安定化ジルコニウム膜 5 7 と、絶縁体膜 5 5 とを形成したが、弾性膜 5 0 上に金属アルミニウムからなる A 1 層と Z r 層とを順次積層し、それらを加熱酸化させることにより、中間膜 5 3 A と、部分安定化ジルコニウム膜 5 7 と、絶縁体膜 5 5 とを同時に形成してもよい。このようにすることで、製造工程数を削減することができ、結果としてアクチュエータ装置の生産性を向上させることができる。

【 0 0 6 3 】

また、本発明は、液体噴射ヘッドに搭載されるアクチュエータ装置に限られず、他の装置に搭載されるアクチュエータ装置にも適用することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【 0 0 6 4 】

【図 1】実施形態 1 に係る記録ヘッドの概略構成を示す分解斜視図である。

【図 2】実施形態 1 に係る記録ヘッドの平面図及び断面図である。

【図 3】実施形態 1 に係る記録ヘッドの製造工程を示す断面図である。

【図 4】実施形態 1 に係る記録ヘッドの製造工程を示す断面図である。

【図 5】実施形態 1 に係る記録ヘッドの製造工程を示す断面図である。

【図 6】実施形態 3 に係る記録ヘッドの断面図である。

【図 7】実施形態 3 に係る記録ヘッドの製造工程を示す断面図である。

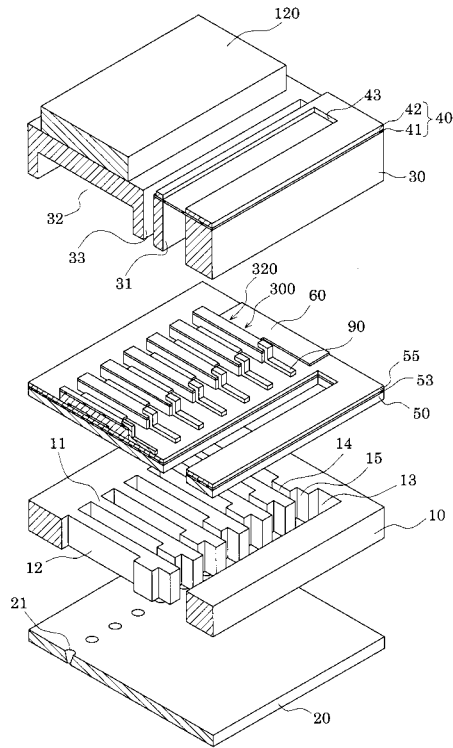
20

【符号の説明】

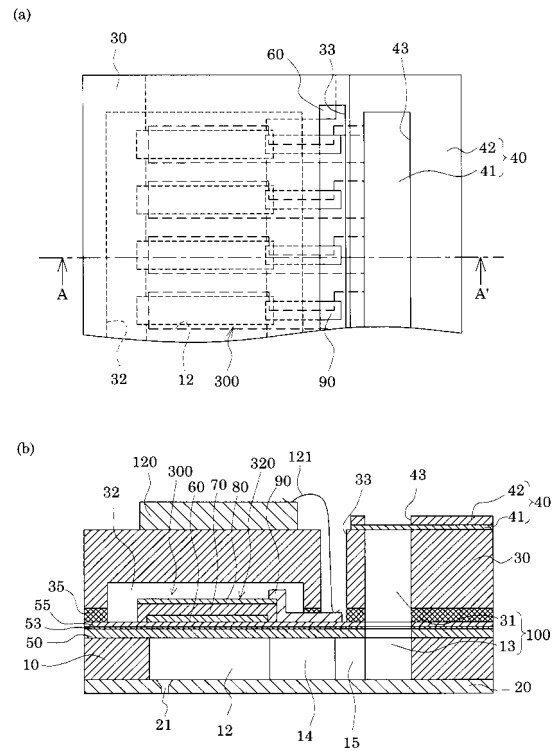
【 0 0 6 5 】

1 0 流路形成基板、 1 2 圧力発生室、 2 0 ノズルプレート、 2 1 ノズル開口、 3 0 保護基板、 3 1 リザーバ部、 3 2 圧電素子保持部、 4 0 コンプライアンス基板、 5 0 弾性膜、 5 3 中間膜、 5 5 絶縁体膜、 5 7 部分安定化ジルコニウム膜、 6 0 下電極膜、 7 0 圧電体層、 8 0 上電極膜、 1 0 0 リザーバ、 1 1 0 流路形成基板用ウェハ、 3 0 0 圧電素子

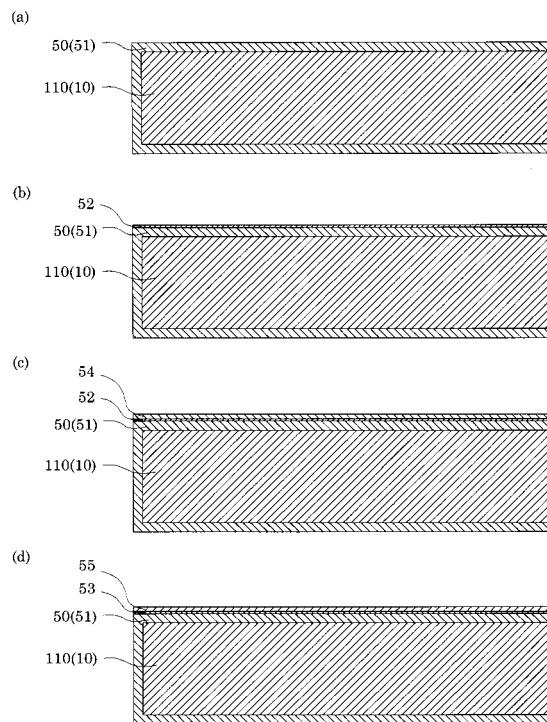
【図 1】



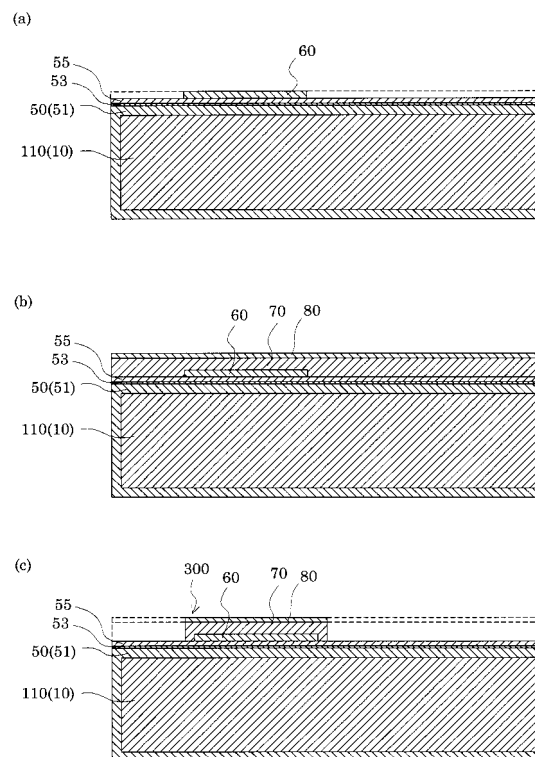
【図 2】



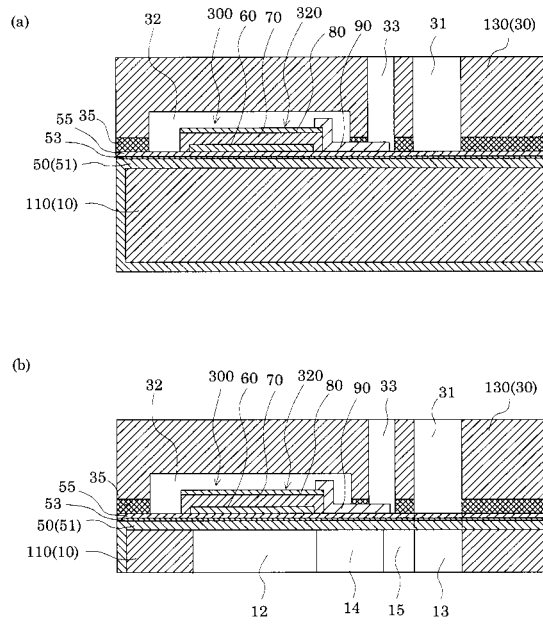
【図 3】



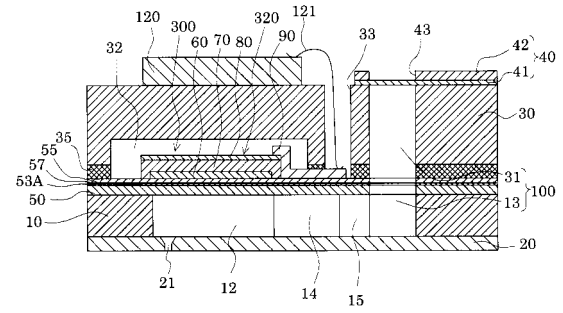
【図 4】



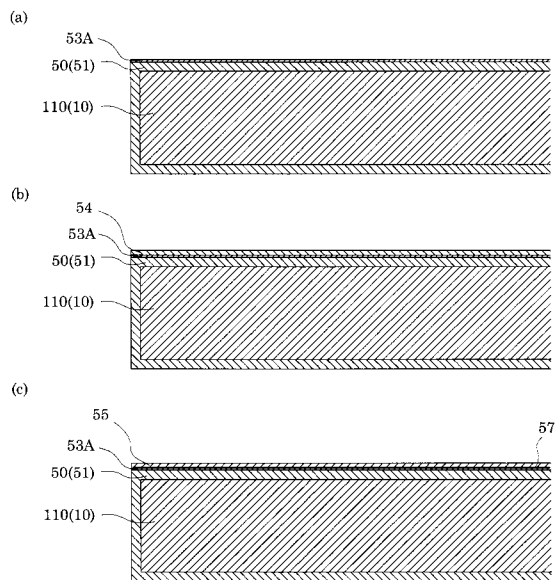
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I

B 0 5 C 5/00 (2006.01)

(56)参考文献 特開 2 0 0 5 - 1 3 5 9 7 3 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 1 3 4 5 6 5 (J P , A)
特開平 0 9 - 2 5 4 3 8 6 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 1 1 6 0 0 5 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 1 4 5 7 6 2 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 2 4 5 2 4 7 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 2 1 6 6 8 5 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 L 4 1 / 0 9
B 0 5 C 5 / 0 0
B 4 1 J 2 / 0 4 5
B 4 1 J 2 / 0 5 5
B 4 1 J 2 / 1 6
H 0 1 L 4 1 / 3 1